Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg. Bull. K. Belg. Inst. Nat. Wet.	**47**	21	Brux. 15.5.1971

ETUDE SUR LA PRODUCTION PRIMAIRE DANS UN ETANG DE FORET

PAR

S. YUEN-YONG

INTRODUCTION

Le présent travail visait à mettre au point les techniques d'étude de la productivité primaire dans une eau eutrophe et notamment de vérifier si les mesures faites au Compteur de Geiger sont comparables à celles que l'on obtient par la Scintillation en milieu liquide.

Les résultats publiés ci-après n'ont donc pas la prétention d'évaluer la productivité primaire totale dans un étang. Ils ne portent que sur les eaux de surface et n'ont pas tenu compte des conditions lumineuses « in situ ». L'incubation d'échantillons du phytoplancton a été faite au laboratoire, à illumination et à température constantes.

L'étang choisi pour cette étude est situé dans la Forêt de Soignes, au sud de Bruxelles. Il fait partie d'une chaîne d'étangs se succédant dans le cours d'un ruisseau, le ruisseau de Rouge-Cloître, affluent de droite de la Woluwe.

Ce ruisseau a été décrit, ainsi que sa flore et sa faune, dans le Mémoire de E. LELOUP (1944) sur les Triclades Epigés de la Forêt de Soignes. L'étang qui nous occupe est le dernier de la chaîne et porte dans le mémoire le numéro RC.V.

Aperçu général sur l'étang RC. V.

L'eau est claire. La profondeur est faible. Le fond est couvert par des sables à gros grains de quartz.

Composition qualitative du phytoplancton

Nous avons observé la présence d'un phytoplancton assez pauvre composé en majeure partie de Chlorophycées, d'Euglénophycées et de Chrysophycées.

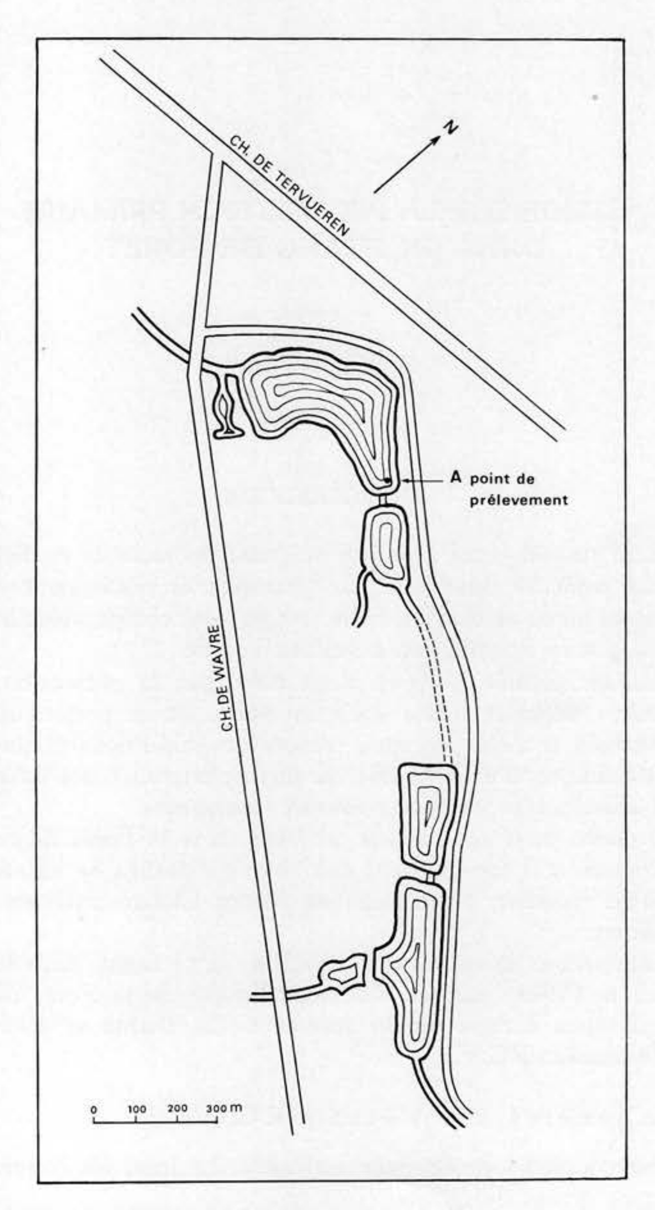


Fig. 1. — Emplacement du lieu de prélèvement des échantillons sur le ruisseau de Rouge-Cloître (Commune d'Auderghem).

Simplifié d'après E. LELOUP 1944.

Avant de décrire les phénomènes il est nécessaire de préciser les termes utilisés.

La production

Pour DUSSART (1966) : « c'est la quantité de matière vivante produite dans les conditions régnant réellement dans l'écosystème; c'est en quelque sorte ce que devient la productivité quand seule la géométrie du système est fixée arbitrairement, volume (ou surface) et temps. »

La production primaire

Dans le cas qui nous occupe, c'est la quantité de matière organique produite par le phytoplancton, par le processus de la photosynthèse. On peut mesurer la production par plusieurs méthodes. La méthode, la plus utilisée, est celle qui mesure l'absorption, autrement dit, la fixation du CO_2 par photosynthèse. Mise au point par STEEMAN-NIELSEN (1952), cette technique utilise un radio-élément isotope du carbone, le ^{14}C.

MATERIEL ET METHODES

L'étude de la production primaire de cet étang s'est étendue sur un an, à partir du début du mois de mars 1968 jusqu'à la fin du mois de mai 1969. Les prélèvements d'eau de surface ont été faits hebdomadairement en un point de l'étang désigné par A sur la carte ci-jointe.

La température de l'air et celle de l'eau ont été mesurées sur place. Les échantillons d'eau ont été transportés aussi vite que possible au laboratoire, à l'obscurité, pour la fixation du ^{14}C, en quatre bouteilles à B.O.D. de 500 c.c., deux noires, deux claires; ensuite, $4 \mu C$ de $NaH^{14}CO_3$ ont été injectés dans les eaux des bouteilles. Celles-ci ont été ensuite exposées, dans l'incubateur, durant une période de 4 heures, à la température de 15 °C, à une intensité lumineuse d'environ 2.000 lux. L'isotope radio-actif provenait de la ^{14}C Agency Denmark (Batch 132). La technique générale est celle de STRICKLAND and PARSON (1968). La radioactivité des filtres a été mesurée de deux manières : la première en phase solide par le compteur Geiger-Müller (Nuclear-Chicago Corporation). La seconde par le compteur de scintillation (Packard Instrument Co., Inc.), en milieu liquide, le liquide de scintillation employé étant le toluène.

Les résultats obtenus ont été calculés en appliquant la formule de STRICKLAND (1960), DOTY et OGURI (1958).

RESULTATS

Les résultats obtenus par les deux méthodes donnent les mêmes courbes de production (Fig. 2). Au cours de l'année, la production montre l'existence d'un maximum en été et d'un autre maximum, moins élevé,

en hiver. Deux minima s'observent au printemps et en automne. Les chiffres détaillés sont portés au tableau ci-dessous.

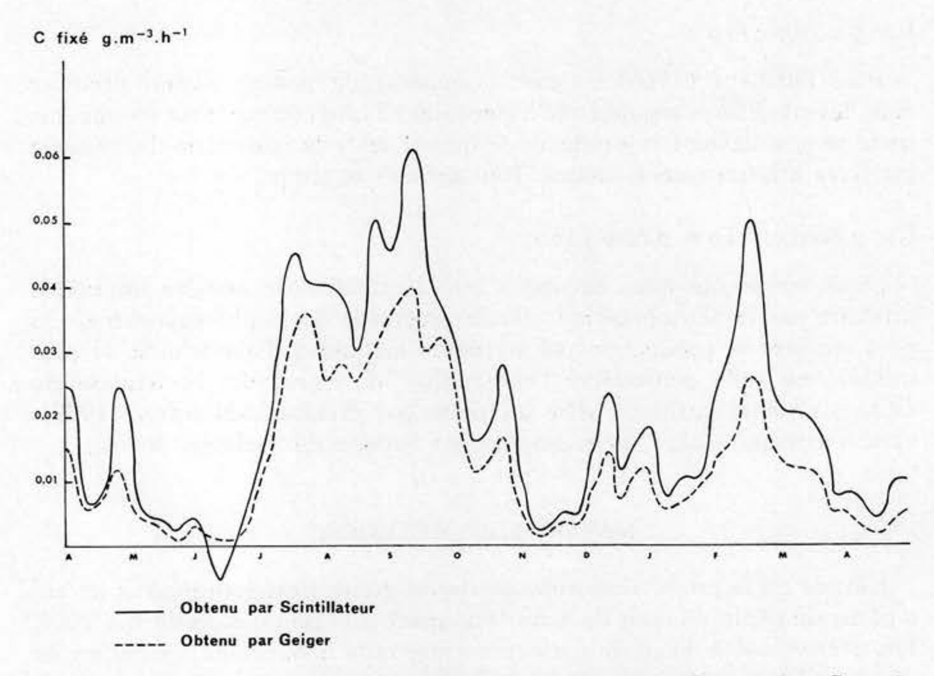


Fig. 2. — Graphique montrant l'évolution dans le temps de la fixation du ^{14}C par le phytoplancton de surface, dans l'étang de Rouge-Cloître.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Avant de passer à la discussion de ce travail, examinons d'abord les diverses valeurs publiées de la productivité primaire globale.

ODUM et ODUM (1960) ont publié une échelle mondiale des diverses valeurs de la productivité primaire (Fig. 3). Quatre régions apparaissent nettement.

1. Les hautes mers et les déserts ont une productivité très faible qui est en général de l'ordre de 0,1 g/m²/jour et toujours inférieur à 0,5 g.
2. Les formations herbacées semi-arides, les zones d'agriculture temporaire, les lacs profonds, les forêts d'altitude et les mers littorales ont une productivité de l'ordre de 1 g/m²/jour, variant en moyenne de 0,5 à 3 g/m²/jour.
3. Les forêts humides, les lacs peu profonds, les zones d'agriculture permanente ont une productivité moyenne de 3 à 10 g/m²/jour.
4. Il n'y a que quelques écosystèmes très particuliers dont la productivité dépasse et peut atteindre 20g/m²/jour : ce sont les estuaires et les

TABLEAU 1
Variation de la production au cours de l'année

Date	C fixé g/m³/h		Date	C fixé g/m³/h	
	Geiger	Scintillateur		Geiger	Scintillateur
Avril 1	0,0149	0,0245	Novem. 6	0,0010	0,0020
Avril 8	0,0063	0,0066	Novem. 12	0,0013	0,0023
Avril 16	0,0069	0,0076	Novem. 19	0,0027	0,0046
Avril 22	0,0123	0,0239	Novem. 25	0,0025	0,0043
Avril 29	0,0051	0,0078			
			Décem. 2	0,0070	0,0120
Mai 6	0,0042	0,0048	Décem. 9	0,0147	0,0120
Mai 13	0,0025	0,0041	Décem. 16	0,0069	0,0115
Mai 20	0,0016	0,0020	Décem. 23	0,0094	0,0151
Mai 28	0,0030	0,0038	Décem. 30	0,0113	0,0179
Juin 4	0,0011	0,0017	Janvier 7	0,0050	0,0074
Juin 10	0,0008	0,0063	Janvier 14	0,0066	0,0111
Juin 18	0,0008	0,0012	Janvier 22	0,0072	0,0115
Juin 24	0,0063	0,0099	Janvier 28	0,0114	0,0189
Juillet 2	0,0122	0,0173	Février 3	0,0138	0,0264
Juillet 8	0,0212	0,0308	Février 11	0,0149	0,0370
Juillet 15	0,0312	0,0454	Février 18	0,0256	0,0513
Juillet 22	0,0358	0,0401	Février 25	0,0157	0,0311
Juillet 30	0,0251	0,0401			
			Mars 4	0,0121	0,0202
Août 5	0,0282	0,0378	Mars 10	0,0117	0,0205
Août 13	0,0245	0,0286	Mars 17	0,0118	0,0177
Août 19	0,0284	0,0368	Mars 24	0,0052	0,0077
Août 26	0,0322	0,0492	Mars 31	0,0051	0,0077
Sept. 2	0,0367	0,0446	Avril 8	0,0035	0,0072
Sept. 9	0,0395	0,0607	Avril 14	0,0015	0,0034
Sept. 16	0,0299	0,0460	Avril 21	0,0035	0,0080
Sept. 23	0,0327	0,0370	Avril 28	0,0045	0,0094
Octobre 1	0,0225	0,0315			
Octobre 8	0,0117	0,0162			
Octobre 15	0,0131	0,0194			
Octobre 21	0,0168	0,0274			

récifs coralliens, les formations sur plaines alluviales et les cultures intensives.

Après avoir envisagé la productivité primaire au niveau de l'ensemble des terres et des océans, nous en donnerons ici quelques exemples dans les divers écosystèmes aquatiques.

Milieu marin : la productivité de l'océan est très variable suivant les régions.

KOHN et HELFRICH (1957) et ODUM et ODUM (1960) ont donné les chiffres de moyenne annuelle de productivité brute en grammes de matières organiques par mètre carré et par jour dans quelques écosys-

tèmes marins. En pleine mer, dans l'océan Pacifique, a été mesurée la plus faible productivité du monde. La plus riche région a été trouvé dans les Récifs de Coraux du Pacifique.

En eau douce, la productivité est aussi très variable. ODUM et ODUM (1960) ont montré que le Lac Cedar Bog à eau acide de tourbière du Minnesota est le plus pauvre et celui de Silver Spring, Floride, le plus riche.

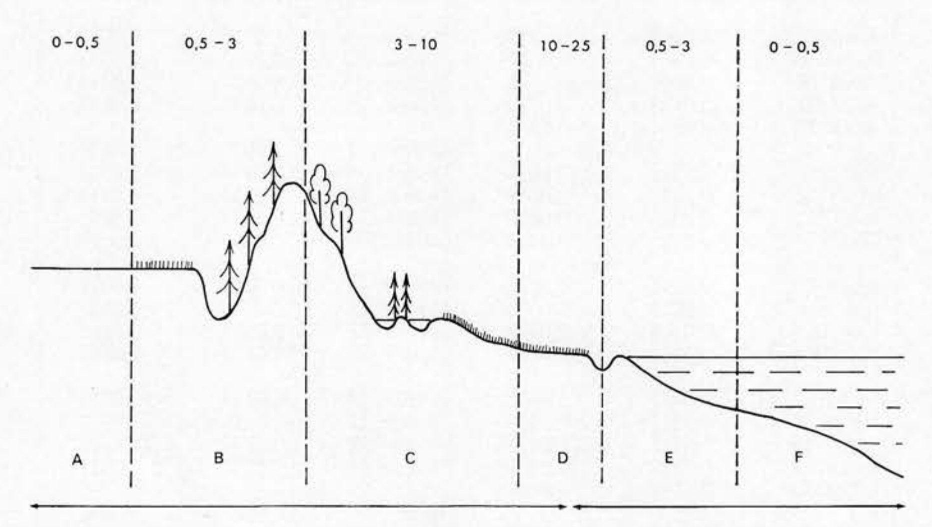


Fig. 3. — Répartition de la productivité primaire brute en g de matière sèche par m² et par jour dans divers écosystèmes de la biosphère.
A) déserts;
B) steppes, savanes, lacs profonds;
C) forêts humides, lacs peu profonds;
D) estuaires, cultures intensives;
E) mers littorales;
F) haute mer.
Modifié d'après ODUM 1960, avec la permission de W. SAUNDERS Cy.

Observations actuelles. — Les observations publiées ci-dessus ne nous indiquent rien sur la production par unité de surface de notre étang parce que les expériences n'ont porté que sur l'eau de surface. On ne peut donc les comparer à celles des autres auteurs qu'au point de vue des fluctuations saisonnières.

Nos mesures font apparaître un faible maximum de février à mai et un maximum plus important de juillet à octobre. Les deux points sont séparés par deux minima, l'un en mai-juin, l'autre de novembre à janvier.

Ces résultats diffèrent, comme il faut s'y attendre de ceux qui furent obtenus dans l'océan et à des latitudes très différentes.

Ainsi, POMEROY (1958) a mis en évidence un maximum de production en hiver, sur la Côte de Georgie.

ANDERSON (1958) a montré que la production dans deux lacs saumâtres du Washington est maximum en hiver et minimum en été.

COULTER (1963) travaillant dans les eaux douces du lac Tanganyika, observa qu'à cause d'une baisse de densité, la production est nettement plus élevée en été qu'en hiver.

ANDERSON (1964) a mesuré au large du Washington, un minimum de production en hiver et en été et un maximum au printemps.

BURKHOLDER, P. R. et BURKHOLDER, L. (1967) ont observé, dans le Pacifique, près de la Nouvelle-Zélande, une production maximale en décembre, ce qui représente la saison chaude dans cette partie du monde.

BEER, STEVENS et LEVIS (1968) travaillant dans la Mer des Antilles ont trouvé un maximum de production à la fin du printemps et en automne à la Jamaïque tandis qu'aux Barbades la production était la plus élevée en été.

BECACOS-KONTOS, T., (1968) a mesuré la production dans le Golfe de Salonique (Mer Egée) et a trouvé que la production est élevée de février à mars.

Récemment, JITTS (1968) a montré dans l'Océan Indien une production maximale en octobre.

STOCKNER (1967) dans un ruisseau chaud du Parc National de Yellowstone, a observé un maximum en mai et juin.

Passons maintenant aux résultats obtenus dans les eaux continentales et surtout dans la zone tempérée.

JONASSON et MATHIESEN (1959) travaillant dans deux lacs, Esrom et Fureso, ont montré que la production est plus élevée en été de juin à août et minimale en hiver, au mois de décembre.

KRISTIANSEN et MATHIESEN (1964) ont fait le même travail dans le lac Tystrup-Bavelse, et ils ont trouvé que la production est également plus élevée en été.

GERLETTI et MELCHIORRI-SANTOLINI (1968) ont fait une étude dans quatre lacs, Bolsena, Maggiore, Mergozzo et Monate. Ils ont montré que la production dans les lacs Maggiore, Mergozzo et Bolsena est plus élevée au printemps et celle de Monate en été, tandis que la production la plus basse se trouve en hiver dans les quatre lacs.

FEULLADE (1969) dit que le phytoplancton de lac de Vezins est riche d'avril à octobre, avec un pic en juillet.

En conclusion, après avoir considéré les résultats précédents, on observe que le cycle annuel de la production varie au cours de la saison. Dans les mers tempérées il y a généralement deux maxima de phytoplancton : un au printemps; l'autre en automne. C'est qu'en hiver, les eaux superficielles, alourdies par abaissement de température, tendent à descendre, ce qui fait remonter à leur place des eaux subsuperficielles qui sont riches en sels minéraux et causent la poussée printanière. En automne, le stock minéral étant reconstitué par les bactéries, on trouve encore un autre maximum de production. Dans les mers tropicales, par suite de la présence d'un thermocline qui freine les échanges verticaux par convection, le phytoplancton ne dispose que de faibles quantités de sels minéraux; la production est alors assez faible et reste relativement au même niveau au cours

de l'année. En eaux douces, la fluctuation est très variable. Dans les lacs tempérés se trouvent normalement deux maxima, l'un en été le plus élevé, l'autre au printemps.

Nos résultats nous donnent les mêmes courbes de production pour les deux appareils de mesure. La courbe obtenue par le scintillateur indique une plus forte production que celle obtenue par compteur de Geiger. On sait en principe que la mesure au Compteur de Geiger est affectée par trois phénomènes, 1) l'autoabsorption; 2) la dispersion; 3) la géométrie. WOLFE et SCHELSKE 1967, ont conclu que la scintillation en milieu liquide semble être convenable et digne de confiance pour remplacer le compteur de Geiger pour l'étude de la productivité. Malheureusement à l'heure actuelle, suivant WANT et WILLIS (1965) il y a peu de littérature précise à ce sujet.

REMERCIEMENTS

Nous remercions bien vivement M. le Professeur P. DUVIGNEAUD pour l'autorisation qu'il nous a donnée de travailler dans l'étang du Rouge-Cloître dont son laboratoire a la responsabilité scientifique et M. le Professeur M. JACOBS qui nous a donné toutes facilités pour nos mesures au compteur à scintillation du Laboratoire de Génétique des plantes supérieures à l'Université libre de Bruxelles.

INSTITUT ROYAL DES SCIENCES NATURELLES DE BELGIQUE.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

ANDERSON, G. C.
1958. *Seasonal characteristics of two saline lakes in Washington.* (Limnol. Oceanogr. Vol. 3, N° 1.)
1964. *The seasonal and geographic distribution of primary production of the Washington and Oregon Coasts.* (Limnol. Oceanogr. Vol. 9, N° 3.)

BEERS, STEVEN and LEVIS.
1968. *Primary productivity in the Caribbean Sea of Jamaica and the tropical North Atlantic off Barbados.* (Bul. Mar. Science, Vol. 18, N° 1.)

BURKHOLDER, P. R. and BURKHOLDER, L. M.
1967. *Primary productivity in surface waters of the South Pacific Ocean.* (Limnol. Oceanogr., Vol. 12, N° 4.)

COULTER, G. W.
1963. *Hydrological changes in relation to biological production in southern Lake Tanganyika.* (Limnol. Oceanogr., Vol. 8, N° 4.)

DOTY et OGURI.
1958. *Selected feature of isotopic carbon primary productivity technique.* (Rapp. et Proc.-Verb., Cons. Explor. Mer, Vol. 144.)

DUSSART, B.
1966. *Limnologie. (Paris Gauthier-Villars.)*

FEULLADE, M.
1969. *Les variations verticales et saisonnières du phytoplancton du Lac de Vezins en 1963.* (Recherches d'Hydrobiologie Continentale, N° 1.)

GERLETTI, M. and MELCHIORRI-SANTOLINI, U.

1968. *A comparative study on primary productivity, bacterial microflora and ecological factors in lakes Bolsena, Maggiore, Mergozzo and Monate.* (Memorie dell'Istituto Italiano di Idriobiologia. Vol. 24.)

JITTS, H. R.

1969. *Seasonal variations in the Indian Ocean along 110 °E. IV Primary production* (Aust. J. Freshwat. Res. Vol. 20, N° 1.)

JONASSON, P. M. and MATHIESEN, H.

1959. *Measurement of primary production in two Danish euphotic Lake, Esrom and Eureso.* (Oikos, Vol. 10.)

KRISTIANSEN, J. and MATHIESEN, H.

1964. *Phytoplancton of the Tystrup-Bavelse Lakes, primary production and standing crop.* (Oikos, Vol. 15, Fasc. 1.)

LELOUP, E.

1944. *Triclades dulcicoles épigés de la Forêt de Soignes.* (Mémoires du Musée royal l'Histoire naturelle de Belgique, n° 102.)

ODUM et ODUM.

1960. *Fundamentals of ecology.* (W. SAUNDERS & Cy, Philadelphia and London.)

POMEROY.

1958. *Algal productivity in salt marshes of Georgia.* (Limnol. Oceanogr., Vol. 4, N° 4.)

STEEMANN NIELSEN, E.

1952. *The use of radioactive carbon (C 14) for measuring organic production in the sea.* (J. Cons. per. int. Explor. Mer, Vol. 18, N° 2.)

STOCKNER, J. G.

1968. *Algal growth and productivity in a thermal stream.* (J. Fish. Res. Bd. Canada, V°. 25, N° 10.

STRICKLAND, J. D. H.

1960. *Measuring the production of marine phytoplankton.* (Bull. Fish Res. Bd. Canada, N° 122.)

STRICKLAND et PARSON.

1968. *A practical handbook of sea water analysis.* (Bull. Fish. Res. Bd. Canada, N° 167.)

THEANO, B. K.

1968. *The annual cycle of primary production in the Saronicos Gulf (Aegen-Sea) for the period November 1963-October 1964.* (Limnol. Oceanogr. Vol. 13, N° 3.)

WANG et WILLIS.

1965. *Radiotracer Methodology in Biological Science.* (Prentice Hall.)

WOLFE et SCHELSKE.

1967. *Liquid Scintillation and Geiger Counting Efficiency for Carbon 14 Incorporated by Marine Phytoplankton in Productivity measurements.* (J. Cons. per, int. Explor. Mer, Vol. 31, N° 1.)

J. GOEMAERE, Imprimeur du Roi, Rue de la Limite 21 — 1030 Bruxelles